

*На правах рукописи*

***ПЬЯНКОВА ЕВГЕНИЯ ВЛАДИМИРОВНА***

***АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ СТЕНКИ ТОНКОГО  
КИШЕЧНИКА И ПЛАЗМЫ КРОВИ ПОРОСЯТ В СВЯЗИ  
С ВОЗРАСТОМ И СРОКОМ ОТЪЕМА***

03.01.04 – биохимия

***АВТОРЕФЕРАТ***

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Боровск – 2011

Диссертационная работа выполнена в лаборатории белково-аминокислотного питания ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных»

**Научный руководитель** - доктор биологических наук, профессор  
**Дудин Виталий Иванович**

**Официальные оппоненты:** доктор биологических наук  
**Галочкина Валентина Петровна**  
кандидат биологических наук  
**Саковцева Татьяна Владимировна**

**Ведущее учреждение:** ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства»

Защита диссертации состоится «29» июня 2011 года в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 006.030.01 во Всероссийском научно-исследовательском институте физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных.

Адрес: 249013, Калужская область, г. Боровск, пос. Институт, ВНИИФБиП с.-х. животных. Телефон 8(495)9963415, факс 8(48438)42088.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Всероссийского научно-исследовательского института физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных.

Автореферат разослан «\_\_» мая 2011 года и размещен на официальном сайте института [www.bifip.2006.narod.ru](http://www.bifip.2006.narod.ru) «27» мая 2011г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук

В.П. Лазаренко

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследований.** При интенсивном ведении свиноводства решающим фактором получения высокой продуктивности при минимальных затратах корма на единицу продукции является система полноценного питания свиней, в которой первостепенное значение отводится обеспеченности их протеином с учётом его качества. Биологическая ценность протеина кормов определяется тем, в какой мере он удовлетворяет потребность животных в аминокислотах. Избыток протеина и аминокислот в рационах животных также отрицательно сказывается на их здоровье, продуктивности и не оправдывается экономически. Поэтому очень важно добиваться не только улучшения обеспеченности организма растущих свиней аминокислотами, но и соблюдения их оптимального («идеального») соотношения, что является одним из важнейших факторов повышения эффективности использования азотистых веществ и повышения продуктивности (Черепанов Г.Г., Кальницкий Б.Д., 1998; Рядчиков В.Г., 1999; Кальницкий Б.Д., Калашников В.В., 2006; Еримбетов К.Т., 2007; Stein Н.Н. et al. 2007).

Промышленная технология производства свинины предусматривает применение раннего (30 и менее суток жизни) отъема поросят, однако последствия этого технологического приема в деталях до сих пор не выяснены. С точки зрения физиологии, неподготовленный перевод поросят с молочного питания на потребление грубого корма, может быть оценен, как неблагоприятный для процесса пищеварения, вследствие особенностей молочного питания. В то же время, большинство раноотнятых поросят компенсирует депрессию роста в последующий период выращивания. Известно, что послеотъемный стресс вызывает повышенный отход поросят, сопровождается резким увеличением использования лечебных средств для поддержания здоровья животных. В связи с прогнозируемыми нарушениями в системе пищеварения в результате раннего отъема поросят целесообразным является исследование функции стенки тонкого кишечника. Ее функция зависит не только от состава питательных и биологически активных веществ корма, но также от качественных и количественных параметров межклеточного обмена. Есть данные о том, что при голодании стенка тонкого кишечника, также как и печень, теряет половину аминокислот. В то же время она очень быстро восстанавливает свой аминокислотный состав при восстановлении оптимальных условий питания. В стенке тонкого кишечника, помимо ферментов и других поддерживающих пищеварение белковых веществ, происходит синтез липопротеинов, фракций сывороточных глобулинов, осуществляется распад альбуминов до аминокислот, часто в очень больших количествах (до 70%). Получены данные также в отношении обратного транспорта незаменимых аминокислот (Скородинский З.П., 1966; Zebrowska Т., 1986, Попова Т.С. и др., 2002). На фоне существующего метаболического диалога между внутренней средой организма и стенкой тонкого кишечника значительный интерес представляет взаимосвязь фонда свободных аминокислот плазмы крови, как показателя активности белкового обмена, и аминокислотного состава стенки, как регулятора усвоения белковых компонентов и, возмож-

но, как демпфера, обеспечивающего гомеостаз этих веществ. При этом важным моментом является выяснение последствий наложения изменений в питании на возрастную динамику процессов использования аминокислот в межклеточном обмене.

В тонком кишечнике для многих соединений известны проксимо-дистальные различия во всасывании (Труфанов А.В., 1972; Дудин В.И., 2004; Микулец Ю. И., 2004). В частности, липидные компоненты всасываются в верхней трети тонкого кишечника, желчные кислоты в нижней его трети (Wiseman G., 1984). Как правило, это выражается в виде образования максимумов концентрации этих соединений в стенке тонкого кишечника. Что касается выявления максимумов концентраций отдельных аминокислот в стенке тонкого кишечника, то таких сведений в литературе недостаточно. В то же время хорошо известно активное участие желудочно-кишечного тракта в регуляции метаболизма белка у свиней (Fausconneu et al., 1970; Obled C. et al., 2002; Lobley G.E., 2003).

В связи с вышеизложенным, *целью работы* было изучение аминокислотного состава стенки тонкого кишечника и плазмы крови поросят разного возраста и сроков отъема, а также возможности его использования для совершенствования аминокислотного питания.

Исходя из этого, в *задачи исследований* входило:

- изучить динамику потребления питательных веществ молока подсосными поросятами и на основе этих данных разработать эффективные престартеры;
- изучить влияние возраста и сроков отъема на динамику аминокислотного состава стенки тонкого кишечника и формирование мышечной ткани у поросят;
- определить проксимо-дистальную разницу и взаимосвязь возрастной динамики аминокислотного состава стенки тонкого кишечника с концентрацией свободных аминокислот в плазме крови поросят разного срока отъема;
- изучить возможность использования аминокислотного состава стенки тонкого кишечника для коррекции соотношения аминокислот в рационе поросят.

**Научная новизна.** В работе впервые исследовано влияние разных сроков отъема поросят и смены питания на возрастную динамику аминокислотного состава стенки тонкого кишечника и ее отдельных фрагментов в проксимо-дистальном направлении. Обнаружено выраженное снижение в стенке тонкого кишечника уровня метионина, лейцина, изолейцина, валина и особенно лизина к 30-суточному возрасту, обусловленное недостаточным (неадекватным потребностям) поступлением питательных веществ с молоком свиноматок в этот период.

Выявлена возможность конструирования «идеального белка» на основе аминокислотного состава стенки тонкого кишечника поросят.

**Практическая значимость работы.** Предложен новый принцип коррекции соотношения незаменимых аминокислот в рационах поросят на основе аминокислотного состава стенки тонкого кишечника.

Определены сроки проявления дефицита основных лимитирующих продуктивность аминокислот и других питательных веществ в питании подсосных поросят, обусловленные снижением функции молочной железы у свиноматок. Подчеркнута значимость качества престаартеров в связи с ранним отъемом поросят, разработан высокоэффективный престаартер.

**Положения, выносимые на защиту.**

1. Важной ролью для определения срока отъема поросят является состояние биологически детерминированного дефицита питательных веществ в организме животных, складывающегося вследствие снижения функциональной активности молочной железы матерей после 2-й -3-й недели лактации и низкой поедаемости престаартеров, зависящей от их ингредиентного состава.

2. Обеспеченность поросят аминокислотами и эффективность их использования определяется возрастом и сроками отъема.

3. Уменьшение срока отъема существенно изменяет соотношение темпов развития статических и динамических мышц у поросят в сторону усиленного развития 4-х главой мышцы бедра.

4. Соотношение аминокислот в рационах растущих поросят можно корректировать на основе аминокислотного состава стенки тонкого кишечника.

**Апробация результатов исследований.** Материалы диссертационной работы апробированы на:

- 33-й научно-практической конференции «Биологические и технико-экономические проблемы в сельском хозяйстве» (Великие Луки, 2000);
- 4-й международной конференции «Актуальные проблемы биологии в животноводстве» (Боровск, 2006);
- заседании отделов питания и регуляции метаболизма и продуктивности ГНУ ВНИИФБиП с.-х. животных (Боровск, 2011).

**Публикация результатов исследований.** По материалам диссертационной работы опубликовано 5 статей, в том числе 1 в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки РФ

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа изложена на 135 страницах компьютерного текста, содержит 16 таблиц и 25 рисунков. Включает следующие разделы: введение, обзор литературы, материал и методы исследований, результаты исследований и их обсуждение, заключение, выводы, практические предложения, список литературы, включающий 270 источников, в том числе 168 иностранных, и приложения.

## **2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В соответствии с задачами исследований нами было проведено 3 эксперимента методом групп и периодов в условиях вивария института на помесных свиньях. Содержание свиней было групповое в клетках, поение из автопоилок,

кормление – сухими комбикормами. В течение всех экспериментов учитывали потребление кормов и исследовали их химический состав. Индивидуальное взвешивание животных проводили вначале и в конце каждого возрастного периода.

Первый опыт провели на 5-ти свиноматках (крупная белая х крупная черная), покрытых хряком породы дюрок, имевших не менее 2-х опоросов и количество поросят в предыдущем опоросе не менее девяти. Для опыта отбирали клинически здоровых животных со средней молочностью и плодовитостью. Кормление свиноматок осуществляли полнорационным комбикормом.

Молочную продуктивность свиноматок определяли методом взвешивания поросят в 7, 14, 21 и 28-суточном возрасте. Молоко для исследований получали методом ручного выдаивания без применения эндокринных препаратов. Пробы молозива получали через 12 часов. Среднюю пробу молока составляли из порций, выдоенных из разных сосков. В пробах молока и молозива определяли концентрацию липидов, лактозы, протеина. На следующем этапе опыта на поросятах от этих же свиноматок испытывали 3 кормосмеси-престартера, затем лучший по поедаемости престартер сравнивали с другим – технологическим, СК-3. Измеряли поедаемость каждой кормосмеси.

Второй опыт был проведен на поросятах с момента рождения до достижения ими 105-суточного возраста. Поросята были получены от свиноматок - сестер (крупная белая х ландрас), которых случали с хряком породы ландрас. Кормление, уход и содержание лактирующих свиноматок осуществляли по схеме, рецептуре и нормам, рекомендованным для свиноводческих хозяйств промышленного типа. Было сформировано три группы животных: 1-я - со сроком отъема в 60 суток, 2-я – 40 суток и 3-я - 30 суток. По возрасту, полу и живой массе поросята разных групп были аналогами.

Начиная с 10-суточного возраста, поросят всех групп начали подкармливать комбикормом УСК-3-4, а с 61- до 105-суточного возраста поросята получали комбикорм СК-5. В кормлении поросят использовали премикс КС-3. В первую послеотъемную неделю поросят всех групп кормили 4 раза в сутки, причем количество задаваемого корма увеличивали ежедневно, во вторую неделю - 3 раза, а количество корма увеличивали каждые 2 суток, в последующем - 2 раза, количество корма увеличивали еженедельно. Животные всех групп получали одинаковое количество кормов. Убой поросят проводили сразу после рождения (до сосания), затем в 15, 30, 40, 60 и 105 суток жизни по 5 животных из каждой группы. После убоя производили обвалку туш. Измеряли длину и массу тонкого кишечника и проводили взвешивание отдельных органов. В момент убоя брали кровь и отбирали по 10 фрагментов стенки тонкого кишечника от каждого поросенка для исследования на содержание общих аминокислот. Кишечник извлекали, делили на 10 фрагментов: 12- перстная, подвздошная и 8 равных отрезков тощей. Образцы для анализа отбирали из середины каждого фрагмента, удаляли жир и остатки брюшины и промывали физиологическим раствором.

Третий опыт проводили на 2-х группах поросят по 10 голов в каждой группе с 60-ти до 105-суточного возраста. Контрольная группа получала

исходный комбикорм, 2-я группа (опытная) – реконструированный путем добавления в комбикорм незаменимых аминокислот в соответствии с аминокислотным составом стенки тонкого кишечника. В опыте определяли параметры роста и развития поросят и эффективность использования кормов.

В пробах молока и молозива определяли концентрацию липидов по Фолчу (Folch S. et al.(1957), лактозы - по Feitasa F.F. (1978) и протеина по Лоури (Филлипович Ю.Б.и др., 1975). В плазме крови поросят определяли концентрацию свободных аминокислот методом ионообменной хроматографии на аминокислотном анализаторе ААА-Т-339М после осаждения белков раствором 3% сульфосалациловой кислоты, активность аспаратаминотрансферазы (АСТ, КФ 2.6.1.1.), аланинаминотрансферазы (АЛТ, КФ 2.6.1.2.) по Reitmann S.J., Frankel S. (1967) и содержание мочевины по цветной реакции с диацетилмоноксимом в присутствии тиосемикарбазида по Coulambe S.S., Fawgeon G. (1963). Во фрагментах стенки тонкого кишечника определяли содержание общих аминокислот методом ионообменной хроматографии на аминокислотном анализаторе после гидролиза белков 6N соляной кислотой и сухое вещество общепринятым методом (Лебедев П.Т., Усович А.Т.,(1976).

Достоверность разницы групповых средних величин оценивали с использованием *t*-критерия (Лакин Г.Ф., 1980).

При проведении отдельных этапов исследований соисполнителями были Аитов С.Н., Аитова М.Д., Ковальский С.Д., Еримбетов К.Т., Кордюкова Т.А.

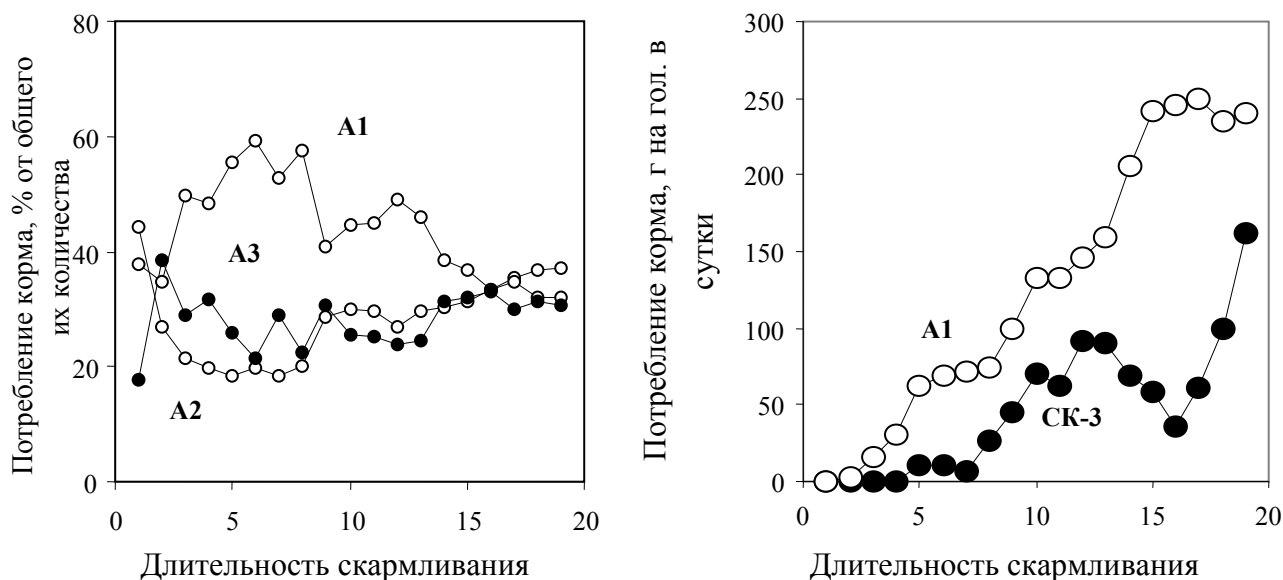
### ***3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ***

#### ***3.1. Молочность свиноматок и особенности обеспечения питательными веществами поросят-помесей в период подсоса***

Первый опыт был проведен как начальный этап исследований для биологического обоснования конструирования эффективных престартерных кормосмесей на основании изучения динамики выделения с молоком свиноматок питательных веществ, а также роста и развития поросят в подсосный период. Качество молока, секретируемого подопытными свиноматками, за лактацию и его химический состав был близок к средним данным по крупной белой породе, имеющимся в литературе.

Молочность свиноматок за 28 суток лактации в среднем равнялась 165 кг. Пик молочности приходится на 2-недельный период. В последующем она постепенно понижается. Подобная же картина отмечается в отношении потребления молока поросятами в расчете на 1 голову в сутки. Здесь максимум потребления также наблюдается в 2-недельном возрасте с последующим спадом, почти вдвое, к 28-суточному возрасту. Изменения концентрации липидов и лактозы в молоке в процессе лактации были незначительными. Что касается концентрации в свином молоке протеина, то наибольшие ее значения характерны для суточного молока. В последующем концентрация резко снижается и поддерживается на уровне 4,1-5,6 г / 100 мл.

Наилучшие условия протеинового питания сохранялись в период между 2-й и 3-й неделями жизни поросят.



**Рис. 1.** Потребление престартеров А1, А2, А3 (слева) и А1, СК- 3 (справа) подсосными поросятами

Таким образом, после 3-недельного возраста уровень потребления питательных веществ молоком поросятами количественно уменьшается, что является побудительным моментом для интенсификации потребления ими растительной подкормки. Поскольку питание поросят в подсосный период оказывает влияние на формирование аминокислотных фондов организма и последующую продуктивность, большое значение имеет конструирование эффективных престартерных кормосмесей. На тех же свиноматках на следующем этапе эксперимента испытывали в качестве заменителей молока три кормосмеси-престартера, которые предлагали с 10 до 28-суточного возраста каждому гнезду поросят (10-12 голов) одновременно на выбор в 3-х отдельных кормушках. По поедаемости поросятами лучшим оказался престартер А1 (рис.1). Отдельно на третьем этапе опыта методом групп провели сравнение престартера А1 и комбикорма СК-3 (который используется в качестве престартера). По потреблению престартеров поросятами были отмечены заметные различия (рис. 1). В целом, результаты исследований подчеркивают, что при конструировании престартерозаменителей свиного молока превалирующее значение имеет конкретный выбор ингредиентов, и престартер на основе овсяных хлопьев (36%) и сухого обезжиренного молока (32%) может быть использован в кормлении поросят на подсосе. На основании проведенных исследований был разработан корм для поросят в подсосный период (Патент на изобретение РФ № 2182799 от 27.05. 2002). Использование предлагаемой кормосмеси для подсосных поросят в возрасте 10-26 дней позволяет получать здоровый молодняк при увеличении его сохранности на 8-11%, среднесуточных приростов живой массы на 20-30% при меньших затратах корма (на 4-6%) по сравнению с контролем.



### ***3.2. Динамика развития тонкого кишечника, мышц и эффективность использования аминокислот у поросят в онтогенезе и в связи с различными сроками отъема.***

Во втором опыте изучали влияние возраста и разных сроков отъема поросят на динамику роста тонкого кишечника, статических и динамических мышц, аминокислотный состав стенки тонкого кишечника, профиль свободных аминокислот крови и эффективность их использования.

Как показали исследования, заметные отличия между группами по живой массе обнаруживаются только в 60-суточном возрасте. Наибольшая живая масса в этом возрасте была у поросят традиционного срока отъема (1 группа  $18,1 \pm 0,28$ ; 2-я -  $15,1 \pm 0,62$ ; 3-я -  $15,6 \pm 0,48$  кг). К 60-суточному возрасту среднесуточный прирост живой массы у поросят 2-й группы в связи с их отъемом снизился по сравнению с животными 1-й и 3-й групп на 35.7 и 22.2% соответственно. В то же время, несмотря на колебания живой массы поросят разных групп в течение опыта, к 105-дневному возрасту эти различия нивелировались, и животные всех трех групп имели практически одинаковую живую массу (1 группа -  $39,7 \pm 1,17$ ; 2-я -  $39,6 \pm 1,50$ ; 3-я -  $39,3 \pm 1,82$  кг).

По результатам контрольных убоев поросят также можно видеть последствия разных сроков отъема. Если судить по индексу мясности в 105-суточном возрасте у поросят 2-й группы (1 группа  $13,13 \pm 0,36$ ; 2-я -  $11,44 \pm 0,43$ ; 3-я -  $12,93 \pm 0,48$  кг), то можно заключить, что отъем в 40-суточном возрасте не является оптимальным по срокам. Исходя из этого, возникло предположение, что неблагоприятные последствия отъема в 40-суточном возрасте обусловлены затянувшимся дефицитом питательных веществ у поросят вследствие нехватки материнского молока и отсутствия в действующих технологических схемах удовлетворительных престартеров.

Изменения длины и массы тонкого кишечника поросят (табл. 1) оказались характерными для различных сроков отъема. Ранний отъем поросят и отъем в 40-суточном возрасте ведет к увеличению этих показателей к 105-суточному возрасту, по сравнению с традиционным отъемом. Отъем в 40-суточном возрасте также усиливал развитие тонкого кишечника и здесь не отмечено никаких особенностей, по сравнению с отъемом поросят в 30 суток. Интенсивность роста тонкого кишечника (как по длине, так и по массе) наиболее высока в течение первого месяца жизни, особенно во второй его половине (масса увеличилась практически в 5 раз, а длина - на 5,5 м). В следующие сроки интенсивность нарастания массы и длины стенки тонкого кишечника уменьшалась, затем опять возрастала, однако в разных группах по-разному в зависимости от сроков отъема, так как на возрастные изменения накладывались изменения, вызванные отъемом поросят. Сразу после отъема в 30 и 40 суток отмечалась тенденция к уменьшению интенсивности нарастания массы (после отъема в 60 суток такого не наблюдалось), а затем - довольно заметное увеличение, особенно явное у животных 3-й группы, отнятых от матерей раньше других. Что касается длины кишечника, то интенсивность ее нарастания уве-

Таблица 1

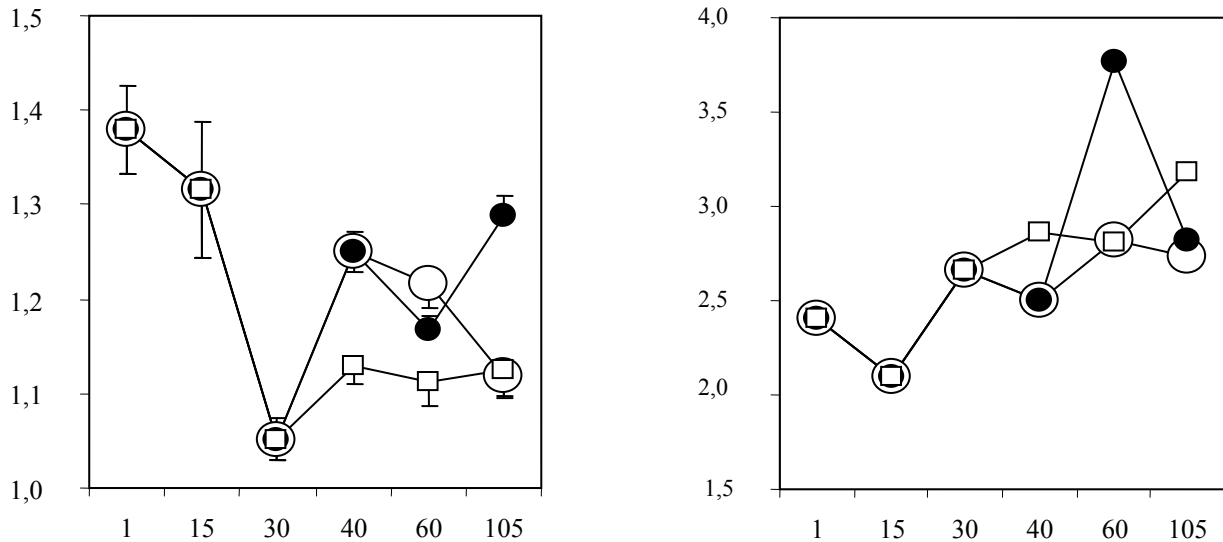
Длина и масса тонкого кишечника в онтогенезе и в связи со сроками отъема поросят ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Возраст, сутки	1-я группа	2-я группа	3-я группа
Масса тонкого кишечника, г			
1	63±5,0	63±5,0	63±5,0
15	122±10,4	122±10,4	122±10,4
30	257±45,4	257±45,4	257±45,4
40	374±28,0	374±28,0	369±22,5
60	493±23,4	458±62,8	671±46,2
105	919±32,4	998±51,3	963±35,7
Длина тонкого кишечника, см			
1	450±14,4	450±14,4	450±14,4
15	685±52,2	685±52,2	685±52,2
30	991±55,5	991±55,5	991±55,5
40	1013 ±13	1013±13	1049±33
60	1057±41	1107 ± 39	1298±86
105	1578±46	1724±61	1713±59
Сухое вещество, %			
1	22,6±0,74	22,6±0,74	22,6±0,74
15	-	-	-
30	22,5±0,55	22,5±0,55	22,5±0,55
40	21,6±0,15	21,6±0,15	22,6±0,39
60	21,7±0,18	21,9±0,40	22,8±2,02
105	22,0±0,90	22,0±0,40	-

личивалась сразу после момента отъемов, и к 105 суткам жизни разница в длине кишечника между поросятами первой и остальными группами составляла около 9%. При сопоставлении данных по росту кишечника с живой массой поросят выявляется, что, несмотря на выравнивание масс тела поросят разных групп к 105 суткам жизни, разница в массе и длине тонкого кишечника сохраняется. В послеотъемный период на фоне интенсивного роста кишечника в нем происходят морфологические и биохимические изменения, о которых недостаточно сведений в связи со сроками отъема. Поэтому была сделана попытка проследить содержание аминокислот в кишечной стенке в зависимости от возраста и сроков отъема и сопоставить его с содержанием свободных аминокислот в плазме крови.

Содержание лизина в стенке тонкого кишечника у поросят в течение первого месяца жизни резко уменьшается (рис. 2, слева). К 40-суточному возрасту у подсосных поросят происходит увеличение концентрации лизина с последующим спадом. При раннем отъеме такого пика не отмечается.

Параллельно концентрация свободного лизина в плазме претерпевала иные изменения, повышаясь к 105 суточному возрасту во всех группах, незави-



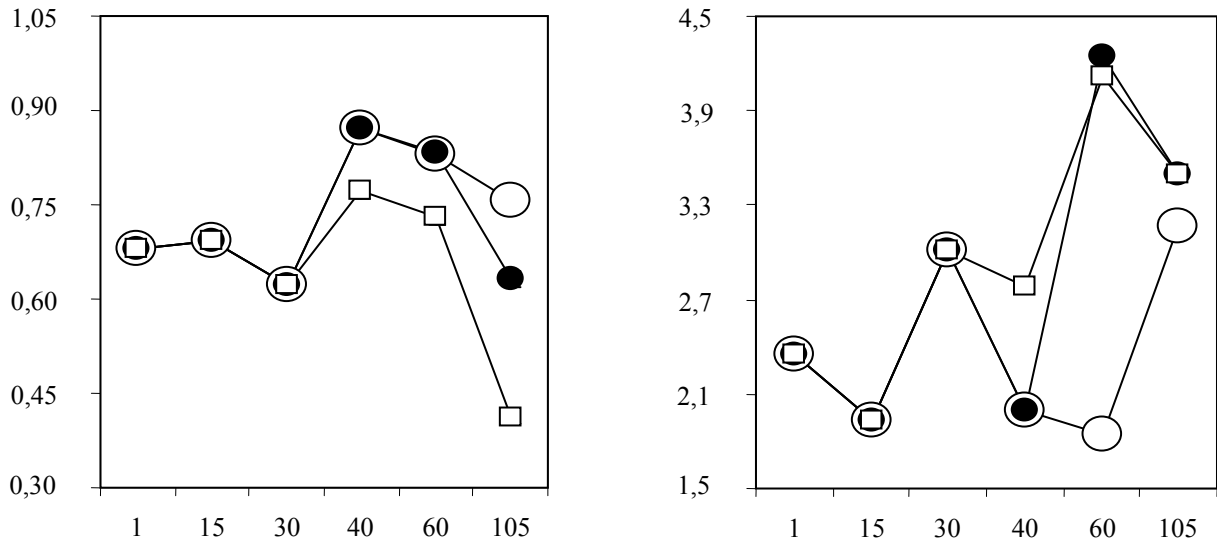
**Рис. 2.** Динамика средней концентрации общего лизина в стенке тонкого кишечника (слева) и свободного в плазме крови (справа) в связи с возрастом и сроками отъема поросят (о-о – гр. 1, ●-● - гр. 2, □-□ - гр. 3; по оси ординат – концентрация, слева - %, справа - мг/дл; по оси абсцисс – возраст, сутки)

симо от сроков отъема, а наибольшее значение концентрации свободного лизина в плазме наблюдалось у поросят 60-суточного возраста, отнятых от матерей в 40 суток (рис. 2, справа).

В связи с тем, что нами исследованы возрастные изменения аминокислотного состава стенки тонкого кишечника поросят в период интенсивного роста (1-105 суток), когда наиболее активно реализуются задатки мясных качеств, в данной работе особое значение придано аминокислотам с разветвленной углеродной цепью, которые участвуют в регуляции белкового обмена в мышцах. Печень задерживает и метаболизирует существенную часть аминокислот, поступающих с кровью воротной вены, но аминокислоты с разветвленной цепью, почти не трансформируясь в печени, попадают в общий кровоток и метаболизируются главным образом в мышцах и почках. В результате смесь, поступающая в скелетные мышцы, содержит преимущественно аминокислоты с разветвленной цепью (Felig P. et al., 1976; Попова Т.С. и др., 2002). Как оказалось (рис. 3-5, слева), для всех этих аминокислот существует типичная возрастная динамика концентрации в стенке тонкого кишечника и практически однотипная реакция на срок отъема.

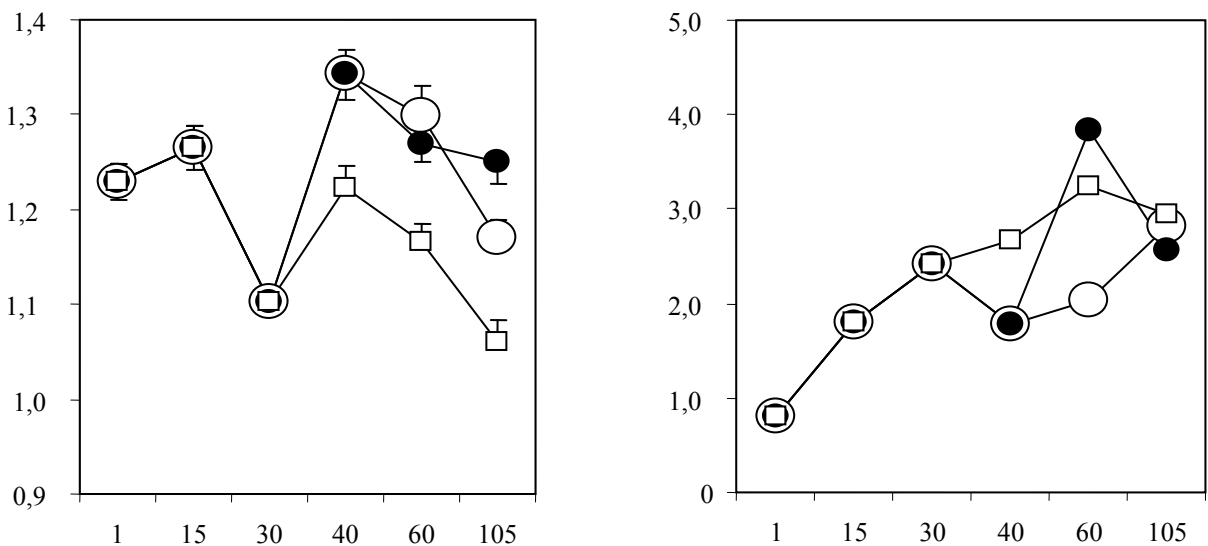
Для этих аминокислот характерным оказался максимум в 40-60-суточном возрасте. При этом отмечено, что в отличие от выравнивания живой массы поросят разных групп к 105-суточному возрасту, стенка тонкого кишечника реагирует в отношении концентраций практически всех изученных аминокислот с заметной разницей между группами. Уровень аминокислот с разветвленной цепью в составе протеинов тонкого кишечника снижается к 105-суточному возрасту, но особенно резко это происходит у раноотнятых поросят.

Спад содержания аминокислот с разветвленной цепью к 30-суточному возрасту в стенке тонкого кишечника сопровождается увеличением в это вре-



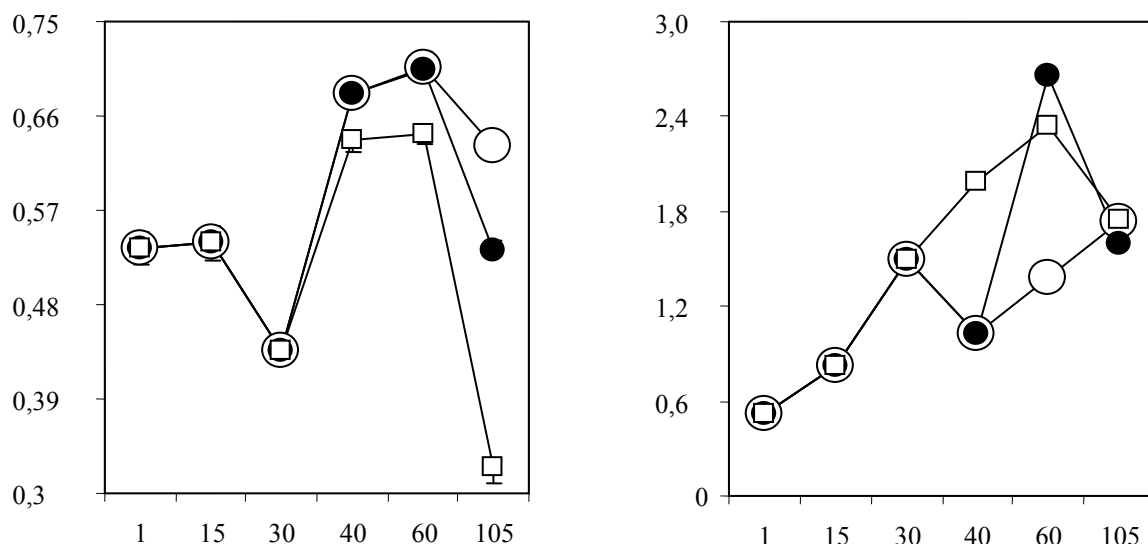
**Рис. 3.** Динамика средней концентрации общего валина в стенке тонкого кишечника (слева) и свободного в плазме крови (справа) поросят в связи с возрастом и сроками отъема (о-о – гр. 1, ●-● - гр. 2, □-□ - гр. 3; по оси ординат – концентрация, слева - %, справа - мг/дл; по оси абсцисс – возраст, сутки)

ма концентрации их свободных форм в плазме крови (рис. 3-5, справа). В 40-60 суточном возрасте отмечено наличие максимума содержания этих аминокислот у поросят ранних сроков отъема, при этом обращает на себя внимание отсутствие такого максимума в концентрации свободных аминокислот в плазме у поросят традиционного отъема.



**Рис. 4.** Динамика средней концентрации общего лейцина в стенке тонкого кишечника (слева) и свободного в плазме (справа) в связи с возрастом и сроками отъема поросят (о-о – гр. 1, ●-● - гр. 2, □-□ - гр. 3; по оси ординат – концентрация, слева - %, справа - мг/дл; по оси абсцисс – возраст, сутки)

Несмотря на различия между группами в 40- и 60-суточном возрасте, к 105-суточному возрасту различия в концентрации свободных аминокислот в плазме между животными разных групп нивелируются, а в стенке тонкого кишечника, наоборот, усиливаются.



**Рис. 5.** Динамика средней концентрации общего изолейцина в стенке тонкого кишечника (слева) и свободного в плазме крови (справа) в связи с возрастом и сроками отъема поросят (о-о – гр. 1, ●-● - гр. 2, □-□ - гр. 3; по оси ординат - концентрация, слева - %, справа - мг/дл; по оси абсцисс - возраст, сутки)

О характере метаболизма азота в организме животных можно судить, лишь сопоставляя данные по активности ферментных систем, катализирующих процессы катаболизма аминокислот и образование мочевины, с содержанием сопряженных с ними азотистых метаболитов в тканях.

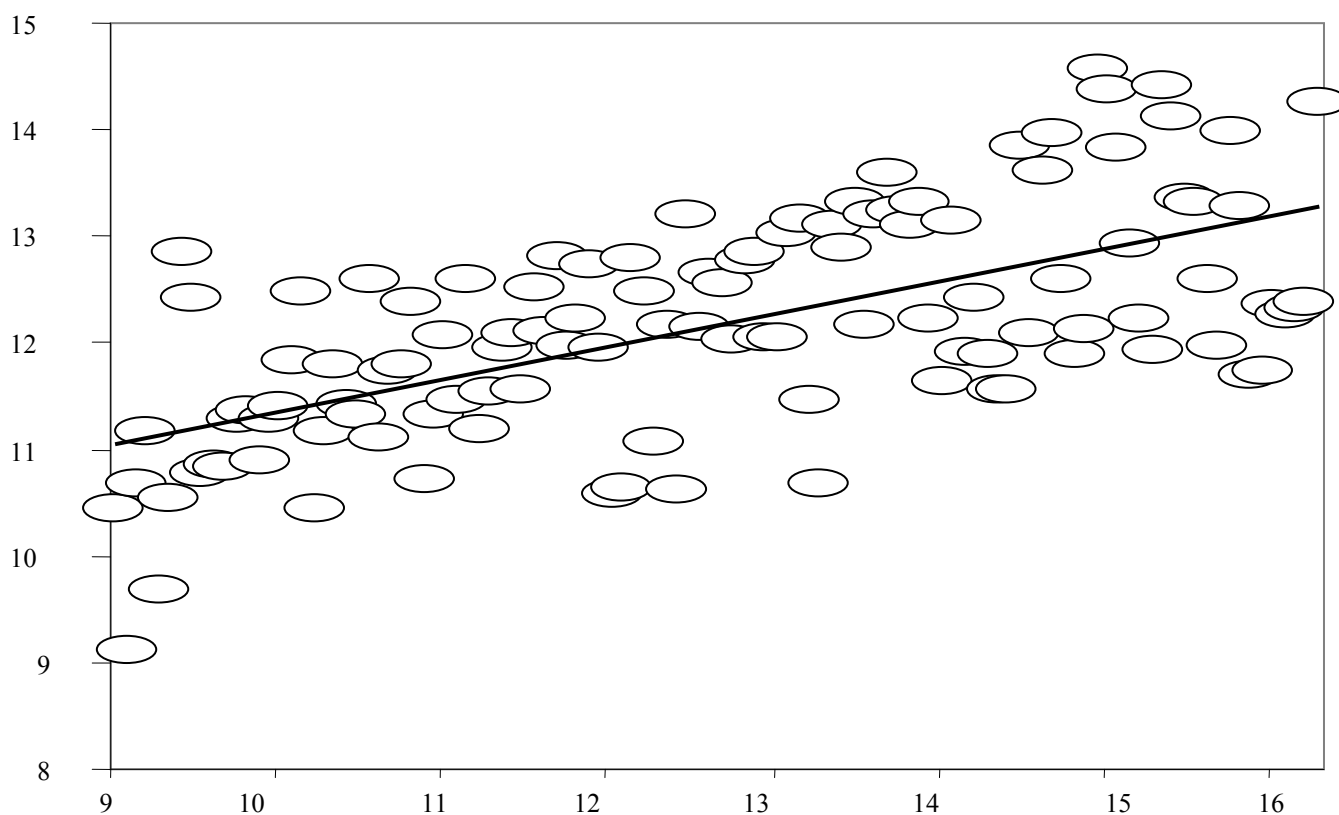
Как показывают данные, представленные в таблице 2, выявлена прямая связь между содержанием белка в молоке свиноматок и характером азотистого обмена у поросят традиционного срока отъема. Концентрация свободных аминокислот в плазме крови животных увеличивалась с рождения до 105-суточного возраста, причем повышение наблюдалось в первую очередь по незаменимым аминокислотам (с  $9,7 \pm 0,20$  до  $22,1 \pm 0,30$  мг/дл). Повышение уровня свободных аминокислот сопровождалось заметным снижением активности ферментов АСТ, АЛТ и мочевины в плазме крови поросят, что свидетельствует о более эффективном использовании аминокислот в процессах биосинтеза на фоне сниженных процессов их дезаминирования в тканях.

Значительный интерес представляют данные о корреляционной связи между аминокислотами в стенке тонкого кишечника. Менее всего с концентрациями других аминокислот коррелирует концентрация лизина, возможно, это может указывать на независимую, даже особенную роль лизина при включении его в состав белков стенки тонкого кишечника. Концентрация лизина в стенке тонкого кишечника положительно коррелирует только с концентрацией лейцина ( $r = + 0,60$ , рис. 6), но не валина ( $r = + 0,13$ ) или изолейцина ( $r = + 0,072$ ), при высокой корреляции разветвленных аминокислот между собой (лейцин-изолейцин:  $r = + 0,75$ ;  $p < 0,05$ , лейцин-валин:  $r = + 0,80$ ;  $p < 0,05$ , изолейцин-валин:  $r = + 0,97$ ;  $p < 0,05$ ), что указывает на важность пары этих аминокислот (лизина и лейцина) для растущего молодняка свиней.

**Таблица 2**

Концентрация свободных аминокислот, мочевины и активность ферментов переаминирования в плазме крови поросят (M±m, n=5)

Возраст, сутки	Сумма свободных аминокислот, мг/дл	Мочевина, мг/дл	АСТ, мкмоль/час/мл	АЛТ, мкмоль/час/мл
1-я группа				
1	27,6±0,10	22,8±1,75	0,97±0,13	1,31±0,20
15	30,2±0,12	-	1,37±0,08	1,15±0,06
30	38,6±0,14	27,2±1,31	0,94±0,09	0,67±0,07
40	30,2±0,12	26,6±0,75	0,76±0,10	0,87±0,10
60	34,7±0,14	20,2±1,05	0,72±0,05	0,92±0,07
105	47,8±2,43	24,4±0,67	0,47±0,04	0,74±0,05
2-я группа				
60	53,7±0,21	26,6±1,08	0,67±0,06	0,91±0,05
105	45,8±3,15	24,2±0,45	0,50±0,07	0,67±0,01
3-я группа				
40	43,1±0,17	33,0±2,94	1,37±0,04	1,21±0,12
60	57,7±0,25	22,2±0,52	0,59±0,11	0,87±0,20
105	54,9±5,03	23,9±0,84	0,62±0,17	0,86±0,14



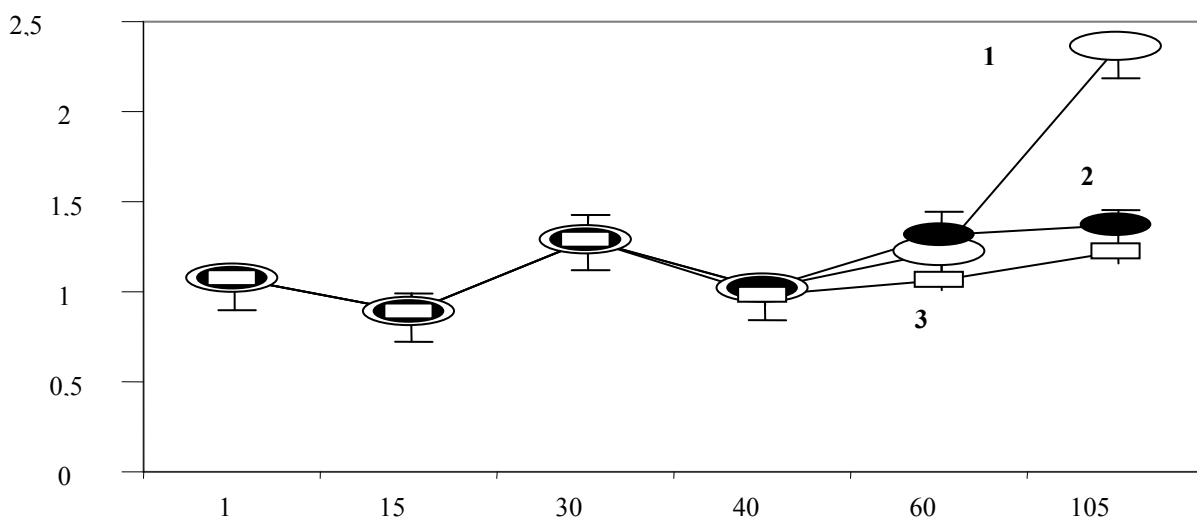
**Рис. 6.** Взаимосвязь концентраций общего лизина (по оси абсцисс, мг/г) и лейцина (по оси ординат, мг/г) в стенке тонкого кишечника поросят

Еще одним выявленным фактом является различная интенсивность роста мышечной ткани динамического (4-х головая мышца бедра) и статического (длиннейшая мышца спины) типа в зависимости от сроков отъема поросят (табл. 3, рис. 7). В основном эти различия проявляются между 60 и 105-суточным возрастaми. При традиционном отъеме отмечается меньшая интенсивность роста 4-главой мышцы бедра по сравнению с длиннейшей мышцей спины. Снижение отъемного возраста ведет к обратному эффекту.

**Таблица 3**

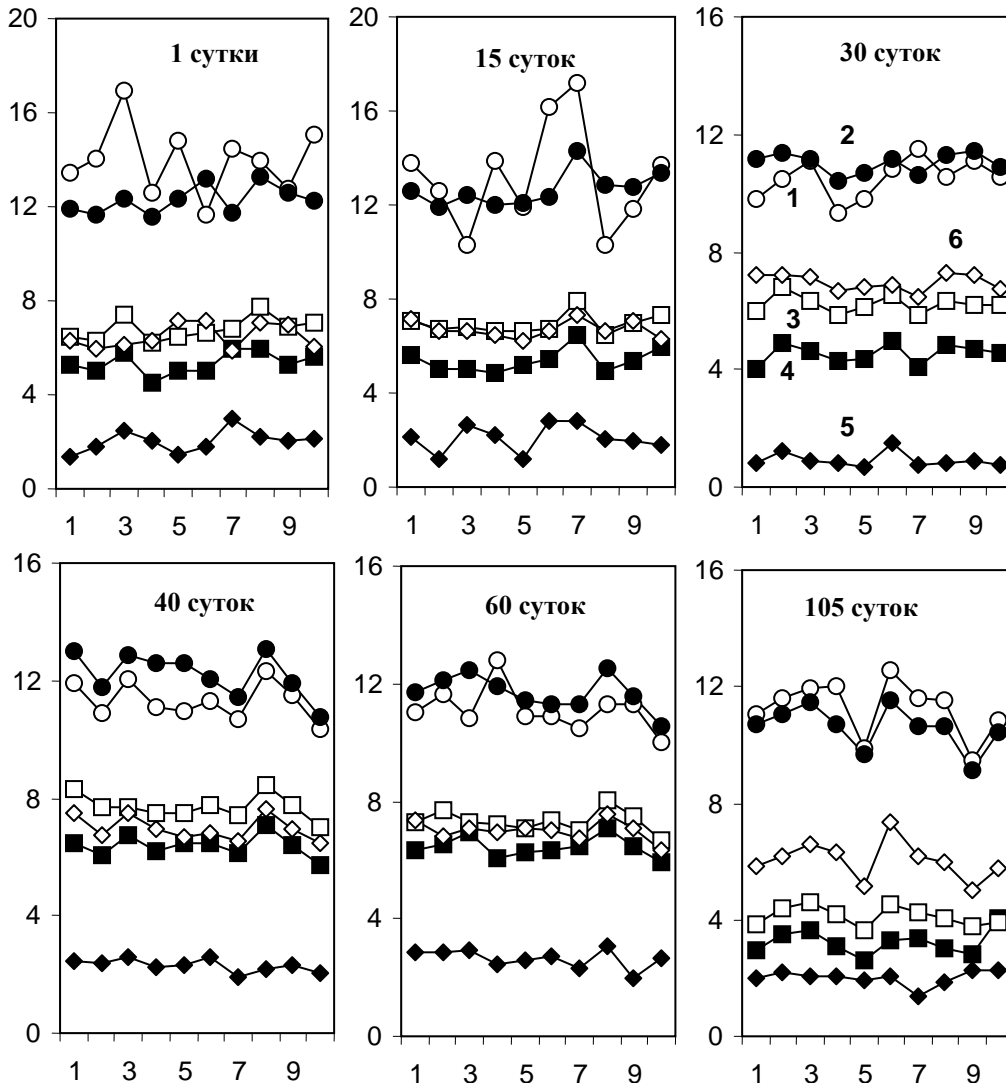
Изменения массы длиннейшей мышцы спины и 4-главой мышцы бедра у поросят в онтогенезе и в связи со сроками отъема ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Возраст, сутки	1-я группа	2-я группа	3-я группа
Масса длиннейшей мышцы спины, г			
1	17,8±1,5	17,8±1,5	17,8±1,5
15	50,4±5,9	54,4±5,9	54,4±5,9
30	119,4±16,1	119,4±16,1	119,4±16,1
40	142,8±13,3	142,8±13,3	105,4±12,6
60	212,6±24,1	206,67±49,8	229,0±17,6
105	831±20	581±43	614±44
Масса 4-главой мышцы бедра, г			
1	15,7±1,4	15,7±1,4	15,7±1,4
15	62,6±7,3	62,6±7,3	62,6±7,3
30	85,06±22,6	85,06±22,6	85,06±22,6
40	141,4±13,3	141,4±13,3	109,6±16,1
60	175,2±18,8	153,3±23,3	215,0±16,1
105	361±32	424±13	502±24



**Рис. 7.** Динамика соотношения массы длиннейшей мышцы спины к массе 4-х головой бедра у поросят в связи со сроками отъема (номера соответствуют номерам групп животных); по оси ординат – соотношение, по оси абсцисс – возраст, сутки

Изучение проксимо-дистальных различий в концентрации изученных аминокислот в стенке тонкого кишечника поросят выявило, что наиболее контрастные изменения происходили в отношении лизина и лейцина, что могло быть результатом акцепции аминокислот энтероцитами или же включением в белки, синтезируемые в данной ткани (рис. 8).



**Рис. 8.** Проксимо-дистальное распределение лизина (1), лейцина (2), изолейцина (3), валина (4), метионина (5) и треонина (6) в стенке тонкого кишечника поросят разного возраста

Наибольшее содержание лизина у новорожденных животных отмечалось в верхней трети тонкого кишечника ( $16,9 \pm 3,2$ ), наименьшее - в середине ( $11,65 \pm 1,0$ ) мг/г нативной ткани. У 15-суточных поросят наблюдалась иная картина: наибольшее содержание ( $17,2 \pm 3,1$ ) мы обнаружили в средней, наименьшее - в верхней части ( $10,32 \pm 0,9$  мг/г) стенки тонкого кишечника. В 30-суточном возрасте содержание лизина снизилось с одновременным нивелированием проксимо-дистальной разницы. Разброс данных между различными фрагментами стенки тонкого кишечника колебался в пределах от  $9,35 \pm 0,3$  до



11,52±0,8 мг/г нативной ткани. В 40- и 60-суточном возрастах у отнятых и неотнятых поросят содержание лизина не претерпевало сколько-нибудь значительных колебаний по ходу кишечника. В 105-суточном возрасте оказались заметными различия между группами. В первой группе наибольшее содержание лизина наблюдалось на уровне 4 фрагмента (12,51±0,5 мг/г), наименьшее - 9-го (10,40±0,4 мг/г). В третьей группе наибольшее содержание лизина проявилось на уровне 6-го (12,58±0,5 мг/г), наименьшее - также на уровне 9-го (9,46±1,8 мг/г) фрагментов. Во второй группе характер распределения лизина по длине кишечника имел почти синусоидальную форму с тремя пиками (3, 7, 10-й фрагменты) и тремя впадинами (1, 4, 8-й фрагменты). Основные изменения в концентрации аминокислот, особенно лизина, происходили в раннем возрасте (1 – 15 суток), что можно объяснить становлением пищеварительной системы. Начиная с 30-ти суточного возраста, изменения концентрации лизина в проксимо-дистальном направлении незначительны, но обращает на себя внимание взаимосвязь его содержания с концентрацией лейцина по фрагментам. Абсолютные значения других разветвленных аминокислот ниже, чем лизина и лейцина, но повышения и понижения их содержания по длине тонкого кишечника повторяют таковые лизина и лейцина.

Примечательно, что отсутствие заметных проксимо-дистальных различий концентрации других аминокислот в стенке тонкого кишечника в целом свидетельствуют о том, что аминокислотный состав белков различных фрагментов стенки тонкого кишечника довольно схож и наличие максимумов лизина и лейцина в ней указывает на большую лабильность фонда этих аминокислот.

### ***3.3. Использование аминокислотного состава стенки тонкого кишечника для коррекции соотношения незаменимых аминокислот рациона***

Согласно современным представлениям, нормирование протеинового питания целесообразно проводить в соответствии с аминокислотным составом «идеального белка». Ткань тонкого кишечника является связующим звеном между внешней и внутренней средой организма, в ней происходит интенсивный синтез многих белков, распад альбуминов; состав ее оболочек разнообразен: от быстро обновляющейся слизистой до довольно инертных серозной и гладкомышечной. Можно предположить, что кишечная стенка довольно полно отражает аминокислотный состав всего тела и отвечает требованиям, предъявляемым к эталону, что и позволило в качестве «идеального» (эталонного) состава аминокислот испытать именно аминокислотный состав стенки тонкого кишечника. Как видно из таблицы 4, сопоставление данных по уровню и соотношению незаменимых аминокислот в стенке тонкого кишечника с их содержанием и соотношением в теле свиней и «идеальном белке» обнаруживает их высокую корреляционную связь между собой (коэффициенты корреляции соответственно:  $r = + 0,95 - 0,97$ ;  $p < 0,00001$ ;  $r = + 0,96 - 0,98$ ;  $p < 0,00001$ ). В то же время в мышечной ткани имеет место

менее тесная корреляция ( $r = + 0,82 - 0,85$ ;  $p < 0,005$ ) по соотношению незаменимых аминокислот с их содержанием в стенке тонкого кишечника и «идеальном белке».

**Таблица 4**

Содержание и соотношение незаменимых аминокислот в теле, стенке тонкого кишечника поросят и «идеальном белке»

Аминокислоты	Тело поросят		«Идеальный белок»		Стенка кишечника	
	г/100 г белка	соотношение лизин = 100	г/100 г белка	соотношение лизин = 100	г/100 г белка	соотношение лизин = 100
Лизин	7,1	100	7,1	100	7,35	100
Треонин	3,9	55	4,6	65	4,80	65
Метионин	2,1	30	2,3	32	1,92	26
Триптофан	1,3	18	1,3	18	-	-
Изолейцин	3,7	52	4,0	57	4,35	59
Валин	4,8	68	4,8	68	5,05	69
Лейцин	7,6	107	7,1	100	7,74	105
Гистидин	2,6	37	2,2	31	2,45	33
Аргинин	6,7	94	2,8	40	7,15	96
Фенилаланин	3,8	54	3,9	55	4,24	58
Соотношение суммы незаменимых к заменимым аминокислотам						1:1,17

На основании вышеуказанных данных для подтверждения нашего подхода был проведен опыт на поросятах с коррекцией рационов по незаменимым аминокислотам. В третьем опыте в комбикорм опытных поросят были добавлены незаменимые аминокислоты, количество которых рассчитывали на основании различий в аминокислотном составе исходного комбикорма и стенки тонкого кишечника относительно лизина. Результаты оценки развития поросят и эффективность использования кормов представлены в табл. 5.

**Таблица 5**

Результаты испытаний реконструированного комбикорма ( $M \pm m$ ,  $n=10$ )

Возраст, сутки	Живая масса, кг	Прирост живой массы, кг	Среднесуточный прирост, г	Оплата корма, кг/кг
1-я группа (контроль)				
60	14,81±0,56	-	-	-
105	39,0±1,60	24,19±1,09	537,6±24,3	2,89
2-я группа (опыт)				
60	14,92±0,39	-	-	-
105	42,59±1,37	27,67±1,12	*614,9±24,9	2,71

\* $p < 0,05$

Корректирование соотношения незаменимых аминокислот рациона на основе аминокислотного состава стенки тонкого кишечника позволило на 14 %

увеличить среднесуточный прирост живой массы поросят. В конце периода выращивания средняя живая масса у животных 2-й группы была выше на 9 %, чем в контроле. Затраты корма на 1 кг прироста во 2-й группе были на 6,2 % ниже по сравнению с контрольной группой животных.

Таким образом, представленные в диссертации материалы выявляют возможность корректировки соотношения незаменимых аминокислот рационов на основании аминокислотного состава стенки тонкого кишечника свиней. Скорректированные комбикорма обеспечивают повышение интенсивности роста поросят и снижение затрат корма на единицу продукции.

#### **4. ВЫВОДЫ**

1. Установлено, что оптимальный срок отъема поросят определяется состоянием биологически детерминированного дефицита питательных веществ в организме животных, складывающегося вследствие снижения функциональной активности молочной железы матерей после 2-й -3-й недели лактации и низкой поедаемости престартеров, которая зависит от их ингридиентного состава.

2. В период с рождения до 105-суточного возраста отмечено повышение уровня незаменимых аминокислот (с  $9,7 \pm 0,20$  до  $22,1 \pm 0,30$  мг/дл) и снижение активности аспаратаминотрансферазы (с  $0,97 \pm 0,13$  до  $0,47 \pm 0,04$  мкмоль/час/мл), аланинаминотрансферазы (с  $1,31 \pm 0,20$  до  $0,74 \pm 0,05$  мкмоль/час/мл) и мочевины в плазме крови, что свидетельствует об усилении биосинтетических процессов в организме поросят.

3. Содержание лизина в стенке тонкого кишечника у поросят в течение первого месяца жизни резко уменьшается. К 40-суточному возрасту происходит повышение его концентрации у подсосных поросят, при раннем отъеме такой максимум проявляется слабо. Максимум концентрации свободного лизина в плазме наблюдается в 60-суточном возрасте у поросят, отнятых от матерей в 40 суток жизни. При раннем и традиционном отъемах поросят концентрация лизина в плазме крови такого максимума не имеет.

4. Из всех изученных в опытах аминокислот только лизин и лейцин имеют выраженные проксимо-дистальные различия по концентрации в стенке тонкого кишечника, при этом уровень лизина коррелирует только с содержанием лейцина ( $r = +0,60$ ), но не валина ( $r = + 0,13$ ) или изолейцина ( $r = + 0,072$ ), при высокой корреляции аминокислот с разветвленной боковой цепью между собой (лейцин-изолейцин:  $r = + 0,75$ , лейцин-валин  $r = + 0,80$ , изолейцин-валин:  $r = + 0,97$ ), что указывает на особенную важность тесной взаимосвязи пары этих аминокислот (лизин и лейцин) для функций кишечника и формирования белковых фондов у растущего молодняка свиней.

5. Для всех аминокислот с разветвленной цепью, выполняющих регуляторную роль в метаболизме белков в мышечной ткани, существует сходная возрастная динамика концентрации в стенке тонкого кишечника и однотипная реакция на срок отъема. Характерным является максимум в 40-суточном возрасте. Ранний отъем приводит к резкому уменьшению концентрации аминокислот с разветвленной цепью в стенке тонкого кишечника к 105-суточному возрасту.

6. При традиционном отъеме поросят в период с 60-ти до 105-суточного возраста статистически достоверно уменьшается рост 4-х главой (динамической) мышцы бедра по сравнению с длиннейшей (статической) мышцей спины. Снижение отъемного возраста ведет к обратному эффекту.

7. Нами обнаружено, что уровень и соотношение аминокислот в стенке тонкого кишечника наиболее полно отражает аминокислотный состав всего тела и соответствует профилю аминокислот в «идеальном белке». В этих рамках имеет место тесная положительная корреляция уровня и соотношения незаменимых аминокислот в кишечной стенке с их содержанием и соотношением в теле свиней и «идеальном белке» ( $r = + 0,95 - 0,97$ ;  $p < 0,00001$ ;  $r = + 0,96 - 0,98$ ;  $p < 0,00001$ ).

8. Разработан и предложен новый подход для коррекции соотношения незаменимых аминокислот в рационах поросят на основе аминокислотного состава стенки тонкого кишечника, который позволяет повысить продуктивность животных и снизить затраты корма на единицу продукции.

### **5. ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ**

1. Результаты исследований будут использованы при совершенствовании протеинового и аминокислотного питания, а также при разработке способов кормления свиней.
2. При отъеме поросят в 30-суточном возрасте рекомендуется использовать престартер следующего состава: кукуруза (6,8%), овсяные хлопья (36,0%), шрот соевый (11%), мука рыбная (7%), обрат сухой (32%), жир растительный (5,2%), дикальцийфосфат (0,8%), соль (0,2%), премикс КС-3 (1%).

### **Список работ, опубликованных по теме диссертации**

1. Пьянкова Е.В. Влияние сроков отъема поросят на содержание аминокислот в стенке тонкого кишечника / Е.В.Пьянкова, Ю.И. Микулец // Аграрная наука, 2006, 12: 16-18.
2. Пьянкова Е.В. Динамика роста и развития тонкого кишечника, мышц и содержания аминокислот у поросят в онтогенезе и в связи с различными условиями питания / Е.В. Пьянкова // Сб. научных трудов ВНИИФБиП: «Современные проблемы биотехнологии и биологии продуктивных животных», Боровск, 1999, 38: 285-296.
3. Пьянкова Е.В. Содержание аминокислот в стенке тонкого кишечника и плазме крови поросят разного возраста / С.Н. Аитов, Е.В. Пьянкова // Тезисы 33 научн.- практ. конф. «Биологические и технико-экономические проблемы в сельском хозяйстве», Великие Луки, 2000: 64-65.
4. Пьянкова Е.В. Динамика заменимых аминокислот стенки тонкого кишечника у поросят разных сроков отъема / Е.В. Пьянкова // Труды ГНУ ВНИИФБиП с.-х. животных, Боровск, 2006, 45: 176-182.
5. Пьянкова Е.В. Распределение лизина и разветвленных аминокислот в стенке тонкого кишечника поросят разных сроков отъема / Е.В. Пьянкова // Труды ГНУ ВНИИФБиП с.-х. животных, Боровск, 2006, 45: 182-189.

---

Издательство МУП «Полиграфист»  
249010, Калужская область, Боровский район, г. Боровск, пл. Ленина 20  
Тел./факс 4-8438-4-3982, 484-38-4-4288  
Лицензия ИД № 03641  
Заказ № 192 Печ. л. 1. Тир. 100 экз.

---